

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成19年4月5日(2007.4.5)

【公表番号】特表2006-518052(P2006-518052A)

【公表日】平成18年8月3日(2006.8.3)

【年通号数】公開・登録公報2006-030

【出願番号】特願2006-503689(P2006-503689)

【国際特許分類】

G 02 F 1/167 (2006.01)

G 02 F 1/17 (2006.01)

【F I】

G 02 F 1/167

G 02 F 1/17

【手続補正書】

【提出日】平成19年2月9日(2007.2.9)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

電気泳動ディスプレイであって、

a) 上部電極を含んで成る上部層、

b) 底部電極および少なくとも1つのインプレーン電極を含んで成る底部層、ならびに

c) 上部層と底部層との間に挟まれた電気泳動セルのアレイを含んで成り、各々のセルは、

(i) 不透明な仕切壁、

(ii) セル背景、

(iii) セル内に充填された電気泳動組成物であって、誘電性溶媒または溶媒混合物に分散された同じ帯電極性を有する色素粒子を含んで成る電気泳動組成物を含んで成る、電気泳動ディスプレイ。

【請求項2】

帯電色素粒子は同じ色を有する、請求項1に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項3】

不透明な仕切壁は白色または灰色である、請求項1に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項4】

不透明な仕切壁は、UV硬化性材料およびフィラー、染料または色素を含んで成る組成物から形成されている、請求項1に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項5】

不透明な仕切壁は、放射線硬化性材料および潜在性光散乱材料を含んで成る組成物から形成されている、請求項1に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項6】

不透明な仕切壁は、着色されている、請求項1に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項7】

仕切壁の内面は、電気泳動組成物と同じ色を有する、請求項1に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 8】

仕切壁の2つの側面は、異なる色を有する、請求項7に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 9】

電気泳動ディスプレイであって

a) 上部電極層およびオプションとしての上部基板を含んで成る上部層、
b) 底部電極層およびオプションとしての底部基板を含んで成る底部層であって、底部電極層が1つの底部電極および少なくとも1つのインプレーン電極を含んで成る底部層、ならびに

c) 上部層と底部層との間に挟まれた電気泳動セルのアレイを含んで成り、各々のセルは、

- (i) 上面を有する仕切壁、
- (ii) 仕切壁の上面に対して位置合わせされたブラックマトリクス層、
- (iii) セル背景、ならびに

(iv) セル内に充填された電気泳動組成物であって、誘電性溶媒または溶媒混合物に分散された同じ帯電極性を有する色素粒子を含んで成る電気泳動組成物を含んで成る、電気泳動ディスプレイ。

【請求項 10】

帯電色素粒子は同じ色を有する、請求項9に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 11】

ブラックマトリクス層は、仕切壁の上面にある、請求項9に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 12】

ブラックマトリクス層は、トップシーリング層と接着層との間に有する、請求項9に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 13】

ブラックマトリクス層は、接着層と上部電極層との間に有する、請求項9に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 14】

ブラックマトリクス層は、上部電極層と上部基板との間に有する、請求項9に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 15】

ブラックマトリクス層は、上部基板の上にある、請求項9に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 16】

ブラックマトリクス層は、電気泳動セルと底部電極層との間に有する、請求項9に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 17】

ブラックマトリクス層は、底部電極層と底部基板との間に有する、請求項9に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 18】

ブラックマトリクス層は、底部基板の底面にある、請求項9に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 19】

ブラックマトリクス層の直接または間接的に上にあるディフューザー層を更に含んで成る、請求項9に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 20】

色素粒子は、色素含有マイクロ粒子である、請求項1または9に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 21】

仕切壁は白色不透明または灰色不透明である、請求項9に記載の電気泳動ディスプレイ

【請求項 2 2】

仕切壁は着色されている、請求項 9 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 2 3】

仕切壁の内面は、電気泳動組成物と同じ色を有する、請求項 9 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【請求項 2 4】

仕切壁の 2 つの側面は異なる色を有する、請求項 2 3 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】**【発明の詳細な説明】**

【発明の名称】デュアルモードスイッチングを有する電気泳動ディスプレイ

【発明の背景】**【0 0 0 1】**

電気泳動ディスプレイ (E P D) は、溶媒中に懸濁している帯電色素 (又は顔料) 粒子を動かす電気泳動現象に基づく非発光的 (non-emissive) デバイスである。この一般的なタイプのディスプレイは、1969 年に初めて提案された。E P D は、典型的には、一対の対向する相隔てたプレート状電極を、電極間の所定の距離を予め決めるスペーサーと共に有して成る。少なくとも一方の電極 (典型的には表示 (viewing) 側) は透明である。パッシブ (または単純もしくは受動) 型の E P D では、ディスプレイを駆動するために、上部 (表示側) および底部プレートにおいて行 (ロウ) 電極および列 (カラム) 電極をそれぞれ必要とする。一方で、アクティブ (または能動) マトリクス型 E P D では、底部プレートにおいては薄膜トランジスタ (T F T) のアレイ、上部表示基板においてはパターン化されていない透明導体板を必要とする。2 つのプレート間には、着色された誘電性溶媒およびこれに分散した帯電色素粒子から成る電気泳動流体が封入されている。

【0 0 0 2】

2 つの電極間に電圧差が付与されると、色素粒子はその極性と反対の極性のプレートへ引き寄せられることによって移動する。よって、プレートを選択的に帯電することによって、透明プレートに示される色を溶媒の色または色素粒子の色のいずれかに決定することができる。プレート極性の反転により、粒子は反対のプレートに戻され、これにより色が逆になる。電圧の範囲でプレートの電荷 (または帯電) を制御することによって、透明プレートに引き寄せられる中間の色素粒子濃度による中間色濃度 (またはグレーの暗度) を透明プレートにて実現できる。このタイプの反射型 E P D ディスプレイはバックライトを必要としない。ただし、暗がりでのディスプレイの可視性を高めるためにバックライトをオプションとして付加してもよい。

【0 0 0 3】

異なるピクセルまたはセル構造の E P D が以前に報告されており、例えば、仕切型 (またはパーテーションタイプ) の E P D (M. A. H o p p e r および V. N o v o t n y、アイ・イー・イー・トランス・エレクトロン・デバイシィーズ (IEEE Trans. Electr. Dev.)、26 卷、第 8 号、第 1148 ~ 1152 頁 (1979 年)) およびマイクロカプセル化 E P D (米国特許第 5,961,804 号および同 5,930,026 号に記載されている) がそうである。これらの各々は、以下に記載するように各々自身の課題を有する。

【0 0 0 4】

仕切型 E P D では、粒子の望ましくない運動、例えば沈降を防止するために、2 つの電極間には空間をより小さなセルに分割するための仕切 (パーテーション) がある。しかしながら、仕切の形成において、即ち、ディスプレイを流体で充填し、ディスプレイに流体を

封入し、そして異なる色の懸濁液を互いに分離した状態に保つプロセスにおいて、困難を伴う。そのような仕切型ディスプレイのためのロール・トゥ・ロール製造プロセスの開発においても、更により困難な課題に遭遇する。

【0005】

マイクロカプセル化 E P D は、誘電性流体および誘電性溶媒と視覚的に対照を為す帯電色素粒子の分散物の電気泳動組成物を、それぞれ内部に有するマイクロカプセルの実質的な 2 次元アレンジメント（または配置）を有する。マイクロカプセルは典型的には水溶液で調製され、有用なコントラスト比を得るため、平均粒径は比較的大きい（50 - 150 ミクロン）。大きなマイクロカプセルサイズは、粗末な耐スクラッチ性および所定の電圧に対して遅い応答時間をもたらす。なぜなら、大きなカプセルは、対向する 2 つの電極間で大きなギャップを必要とするからである。また、水溶液で調製されたマイクロカプセルの親水性シェルは、典型的には、高湿気および高温状態に対して敏感となってしまう。マイクロカプセルを多量のポリマーマトリックスで取り囲んで、これらの欠点を未然に防いでも、マトリックスの使用は、結果として更に遅い応答時間および / またはより低いコントラスト比をもたらす。スイッチング速度を向上させるために、このタイプの E P D では帯電制御剤をしばしば必要とする。しかしながら、水溶液におけるマイクロカプセル化プロセスは、使用可能な帯電制御剤のタイプを限定する。マイクロカプセルシステムに関連する他の欠点として、色の適用に関して不十分な解像度および不十分なアドレッサビリティ（またはアドレス可能性：addressability）が挙げられる。

【0006】

米国特許第 3 6 1 2 7 5 8 号には別のタイプの E P D が開示されており、電気泳動セルは、誘電性溶媒に分散された帯電色素粒子を含む平行線リザーバ（reservoirs）から形成される。チャネル状の電気泳動セルは、透明導体で覆われ、電気的に接続されている。パネルを見る側からの透明ガラス層は、透明導体の上に配されている（オーバーレイされている）。

【0007】

E P D アレイを形成するマイクロチャネル、マイクログループまたはマイクロカラムの使用は、カラム方向に沿った望ましくない粒子の沈降またはクリーミングの課題を依然として有する。加えて、2 つの電極間に電気泳動流体を封入するための、途切れのない、エアポケット（air pocket）のない連続的なシーリングプロセスを欠くため、ロール・トゥ・ロール製造を極めて困難にする。

【0008】

近年、改良された E P D 技術およびロール・トゥ・ロール製造プロセスが、同時係属している出願、例えば米国出願第 0 9 / 5 1 8 , 4 8 8 号（2000 年 3 月 3 日出願）（W O 0 1 / 6 7 1 7 0 に対応）、米国出願第 0 9 / 6 0 6 , 6 5 4 号（2000 年 6 月 2 8 日出願）（W O 0 2 / 0 1 2 8 1 に対応）および米国出願第 0 9 / 7 8 4 , 9 7 2 号（2001 年 2 月 1 5 日出願）（W O 0 2 / 6 5 2 1 5 に対応）（これらの全ては参考することによりその全体が本明細書に組み込まれる）に開示された。改良された E P D はクローズドセルを含んで成り、該セルは、適切に規定された形状、寸法およびアスペクト比のマイクロカップから形成され、誘電性溶媒に分散された帯電色素粒子が充填され、米国出願第 0 9 / 5 1 8 4 8 8 号（W O 0 1 / 6 7 1 7 0 に対応）および米国出願第 0 9 / 8 7 4 9 3 1 号（W O 0 2 / 9 8 9 7 7 に対応）（これらの内容は、参考することにより本明細書に組み込まれる）に記載されている方法の 1 つによって、トップシーリング組成物を用いてトップシールされている。マイクロカップを含むこの改良された技術は、モノクロ E P D に高画質を与える。カラーディスプレイは、異なる色（例えば、赤、緑または青）の染料で充填されたマイクロカップの形を成す、空間的に隣接する小さなピクセルのアレイを用いることによって製造することもできる。しかしながら、従来のアップ / ダウンスイッチングモードのみを有するこのタイプのシステムでは重大な欠点がある。即ち、「ターンオフされた」着色ピクセルから反射される白色光が、「ターンオンされた」色の彩度を大きく下げる事である。この件についての更なる詳細は、後の「詳細な説明」のセクション

にて示す。

【0009】

この後者の欠点を、例えば、ポリマー分散型液晶等の、「オフ」のピクセルを黒の状態に切り替え、また、「オン」のピクセルを所望の色の状態に保つオーバーレイ（または重ね合わされた）シャッターデバイスによって除くことができるが、このアプローチの欠点は、オーバーレイデバイスによる高いコスト、シャッターデバイスに関連する高 D_{min}（背景の最小光学密度である）および複雑な駆動回路設計である。

【0010】

別法では、通常のアップ／ダウンスイッチングモードのカラーディスプレイを、ディスプレイの表示側にオーバーレイされたカラーフィルターを用いて製造することができる。しかしながら、カラーフィルターを用いる反射型カラーディスプレイに関する主な課題は、暗い D_{min} および質の高い「白」状態の不足である。

【0011】

「インプレーン（または面内）（in-plane）」スイッチングコンセプトは、E.Kishiら、「5.1：ディベロップメント・オブ・インプレーン・EPD (development of In-Plane EPD)」、キャノン・リサーチ・センター（Canon Research Center）、エスアイディー・00・ダイジェスト（SID 00 Digest）、第24-27頁、および、Sally A. Swansonら、「5.2：ハイ・パフォーマンス・EPD (High Performance EPDs)」、アイビーエム・アルマデン・リサーチ・センター（IBM Almaden Research Center）、エスアイディー・00・ダイジェスト（SID 00 Digest）、第29-31頁に開示されている。これらのシステムでは、着色された背景を白色または黒色粒子と共に用いることにより、カラー効果を得る。これらのシステムの欠点は、質の高い「白」または質の高い「黒」状態のいずれかが欠けていることである。更なる詳細を、「詳細な説明」のセクションにおいても記載する。

【0012】

従って、有効な方法で、特にロール・トゥ・ロール製造プロセスによって製造することができる、質の高いフルカラー機能を有する改良されたEPDに対する要求は依然存在する。

【発明の概要】

【0013】

本発明は、従来のアップ／ダウンスイッチング（up/down switching）およびインプレーンスイッチング（in-plane switching）モードの両方を含んで成る、改良されたEPDに関する。換言すると、改良されたEPDは、デュアルスイッチングモードを有する。

【0014】

本発明のモノクロEPDは、テキストカラーとは異なる選択可能なハイライトカラーをディスプレイすることができる。例えば、白の背景、青のテキストおよび赤のハイライトを、ディスプレイのいずれの選択領域においても示すことができる。さらに、本発明のフルカラーEPDは、高彩度の高コントラスト像をディスプレイすることができる。本発明のフルカラーディスプレイにおいて、質の高い黒および白状態の両方が可能である。本発明のEPDは、複雑な回路設計を必要とせず、また、低コスト且つ高効率なロール・トゥ・ロール製造プロセスと両立できる。

【0015】

全ての図は模式的に示されており、正確な縮尺ではないことに注意されたい。

【発明の詳細な説明】

【0016】

本明細書において別途定義されない限り、全ての技術的な用語は、当業者が一般的に使用および理解しているように、常套の定義に従って本明細書において使用する。用語「適切に規定された（well-defined）」、「アスペクト比」および「画像露光（image-wise exposure：イメージ通りに露光）」は、上述の同時係属出願に定義された通りである。

【0017】

本発明の範囲は、常套のEPDならびにマイクロカップ、マイクロチャネルおよびマイクロカップセル等から製造されるEPDを包含することが理解されよう。

【0018】

用語「常套のEPD」は、当該技術分野で既知である任意の電気泳動セルを言うものである。電気泳動セルは、いずれの形およびサイズであってもよく、ディスプレイは、例えば、仕切型（またはパーテーションタイプ）ディスプレイを含む。

【0019】

用語「マイクロチャネル」は、米国特許第3612758号に開示されているタイプの電気泳動セルを言うものである。

【0020】

用語「マイクロカップ（microcup）」は、カップ状の窪み（または凹部、indentation）を言い、マイクロエンボス加工、または非露光（もしくは未露光）領域または露光領域を除去する現像工程が後に続く画像露光（imagewise exposure：イメージ通りに露光）等の方法により形成され得る。さらに、集合状態にある複数形の「マイクロカップ（microcups）」は、一般に、構造化された二次元的マイクロカップアレイを構成するように一体的に形成または結合された、複数の該マイクロカップを含んで成るマイクロカップアッセンブリを言うものである。マイクロカップの寸法は、上述の同時係属出願に開示されている。

【0021】

用語「トップシーリング（または上面シーリング）（top-sealing）」は、第1基板（もしくは基材）または電極層に構成されたディスプレイセルを充填して上面をシール（または封止）するシーリング方法を言わんとするものである。常套のエッジシール方法では、セルにディスプレイ流体を封入してエッジシールするために、2つの基板または電極層およびエッジシール接着剤が必要とされる。これに対して、トップシーリング方法では、第2基板または電極層をディスプレイセル上に配置する前に、ディスプレイ流体を封入してトップシールする。

【0022】

用語「Dmax」はディスプレイの達成可能な最大光学密度を言うものである。

【0023】

用語「Dmin」はディスプレイの背景（またはバックグラウンド）の最小光学密度を言うものである。

【0024】

用語「コントラスト比」は、Dmax状態における電気泳動ディスプレイの%反射率に対する、Dmin状態における該ディスプレイの%反射率の比として定義されるものである。

【0025】

Ⅰ. 常套のEPDの不利点

（1）アップ／ダウンスイッチングのみを有するEPD

図1のEPDは、アップ／ダウンスイッチングモードのみを有する。図中のセルには、着色された（赤、緑および青）誘電性流体に正電荷を帯びた白色粒子が分散している懸濁液が充填されている。図1に、上部電極と底部電極（または下部電極）（図示せず）との間の電圧差によって帯電された全3つのセルを示す。緑および青のセルでは、上部電極が低電圧を有し、これら2つのセル内の正電荷を帯びた白色粒子は透明な上部表示電極へ移動し、結果として、粒子の色（即ち、白）が2つのセル内の透明導体フィルムを通って観察者に反射される。赤のセルでは、底部電極が低電圧を有する；その結果として、正電荷を帯びた白色粒子はセルの下部に移動し、媒体の色（即ち、赤）が上部の透明導体フィルムを通して見られる。図1に示すシナリオでは、緑および青のピクセルから反射される白色光が赤のピクセルの彩度を大きく下げる。

【0026】

（2）インプレーン（In-plane）スイッチングモードのみを有するEPD

図 2 A - 2 D に、インプレーンスイッチングモードのみを有する従来技術の E P D の不利点を示す。

【 0 0 2 7 】

図 2 A において、セルには、内部に分散された帶電白色粒子を含む無色の誘電性溶媒が充填されている。セルの背景は着色されている（即ち、赤、緑または青）。インプレーン電極間に電圧差があると、白色粒子はセルのいずれかの側面に移動し、背景の色（即ち、赤、緑または青）が上部の透明開口部から見える。インプレーン電極間に電圧差が無いと、粒子は誘電性溶媒中に散乱し、結果として白色（即ち、粒子の色）が上部の透明開口部から見える。このアレンジメント（無色の溶媒、着色された背景および白色粒子）は、高密度な黒状態に欠けたディスプレイをもたらす。

【 0 0 2 8 】

図 2 B において、セルには、内部に分散している黒色粒子を含む無色の流体が充填されている。セルの背景は着色されている（即ち、赤、緑または青）。インプレーン電極間に電圧差があると、粒子はセルのいずれかの側面に移動し、背景の色（即ち、赤、緑または青）が上部の透明開口部から見える。インプレーン電極間に電圧差が無いと、粒子は誘電性溶媒中に散乱し、結果として黒色（即ち、粒子の色）が上部の透明開口部から見える。このアレンジメント（溶媒 / 背景 / 粒子の色）は、望ましくない D m i n およびコントラスト比を有する濁った白状態をもたらす。

【 0 0 2 9 】

図 2 C は、内部に分散された着色粒子（即ち、赤、緑または青）を含む無色の流体が充填されたセルを示す。セルの背景は黒である。インプレーン電極間に電圧差があると、帶電された着色粒子はセルのいずれかの側面に移動し、背景の色（即ち、黒）が上部の透明開口部から見える。インプレーン電極間に電圧差が無いと、着色粒子は誘電性溶媒中に散乱し、結果として粒子の色（即ち、赤、緑または青）が上部の透明開口部から見える。この設計では、黒状態の質は高い。しかしながら、質の高い白状態は可能でない。結果として、このタイプの反射型ディスプレイは、D m i n 領域で濁った背景または低い反射度を有すると思われる。

【 0 0 3 0 】

図 2 D において、セルには、内部に分散している着色粒子（赤、緑または青）を含む無色の流体が充填されている。セルの背景は白である。インプレーン電極間に電圧差があると、粒子はセルのいずれかの側面に移動し、背景の色（即ち、白）が上部の透明開口部から見え、結果として質の高い白状態をもたらす。インプレーン電極間に電圧差が無いと、粒子は流体中に散乱し、結果として粒子の色（即ち、赤、緑または青）が上部の透明開口部から見える。この設計では、質の高い黒状態は得られない。

【 0 0 3 1 】

要約すると、インプレーンスイッチングモードのみでは、結果として、質の高い黒状態を有さない反射型カラーディスプレイ、または、質の高い白状態を有さないディスプレイのいずれかとなってしまう。このインプレーンスイッチングタイプの反射型カラーディスプレイでは、コントラスト比および彩度が不十分である。全てのインプレーンスイッチング E P D において、インプレーン電極の対向側にある基板は典型的には透明絶縁体であり、通常はディスプレイの表示側である。

【 0 0 3 2 】

III. 本発明の電気泳動ディスプレイ

図 3 は、本発明の典型的な電気泳動セルの側面図を示す。カップ状のセルのみが示されているが、本発明の範囲は、マイクロチャネルおよび同等のものから形成されたセルおよび全てのタイプの常套の電気泳動セルを包含すると理解されよう。

【 0 0 3 3 】

セル（30）は、上部層（31）と底部層（32）との間に挟まれている。上部層は、透明の上部電極（図示せず）を含む。底部層（32）は、左手側にあるインプレーンスイッチング電極（34）、底部電極（35）および右手側にある別のインプレーン電極（3

6) を含んで成る層 (3 2 a) 、ならびにオプションとして着色された背景層 (3 2 b) を有する。2つのインプレーン電極 (3 4 、 3 6) と底部電極 (3 5) とを分離するギャップ (3 7) が存在する。

【 0 0 3 4 】

背景層 (3 2 b) は、電極層 (3 2 a) の上であってよく (図示せず) 、また、電極層 (3 2 a) の下であってもよい。別法では、層 3 2 a は、背景層として機能し、この場合には、層 3 2 a は黒または他の色であってよい。

【 0 0 3 5 】

更なる別法では、底部層は、間にギャップを有して、唯1つのインプレーンスイッチング電極および1つの底部電極を有してよい。

【 0 0 3 6 】

典型的には、図3のセルには、内部に分散された白色粒子 (3 9) を含む、クリアであるが着色された (即ち、赤、緑または青) 誘電性溶媒 (3 8) が充填されており、セルの背景の色は典型的には黒である。粒子は正に帯電していても、負に帯電していてよい。説明のために、本願を通じて、粒子は正に帯電しているものとする。

【 0 0 3 7 】

ディスプレイの各々のセル内の帯電粒子は、同じ色または異なる色を有してよい。各々のセルは、混合された色の帯電粒子を含む電気泳動流体で充填されていてよい。

【 0 0 3 8 】

本発明の一態様では、電気泳動流体は、唯1つのタイプの粒子を含んで成る、換言すれば、全ての粒子が同じ電荷を帯び、そして同じ色を有する。

【 0 0 3 9 】

図4 A - 4 C に示すように、デュアルスイッチングモードによって、粒子を垂直 (アップ / ダウン) 方向または平面 (左 / 右) 方向のいずれかに移動させる。例えば、図4 A において、上部電極の電圧を低く設定し、底部電極およびインプレーン電極の電圧を高く設定する。白色粒子は移動して上部の透明導体フィルムに集まり、観察者によって白色 (即ち、粒子の色) が見られる。

【 0 0 4 0 】

図4 B において、インプレーン電極を低い電圧に設定し、上部および底部電極を高い電圧に設定する。このシナリオでは、白色粒子がセルの側面に移動し、それゆえ、上部の透明導体フィルムを通して見られる色は、背景の色 (即ち、黒) である。

【 0 0 4 1 】

図4 C において、上部電極の電圧を高く設定し、底部電極の電圧を低く設定し、そしてインプレーン電極を低い電圧に設定すると、白色粒子はセルの底部に移動する。このシナリオでは、観察者によって、上部の透明導体フィルムを通して流体の色 (即ち、赤、緑または青) が、図4 C の赤のセルに示されるように見られる。フルカラーディスプレイに赤のピクセルを与えるためには、緑および青のセル内の白色粒子を、側面 (図4 C に示すように) または上部 (図示せず) のいずれかに引き付けてよい。前者が好ましい。なぜなら、通常、前者は後者よりも高い彩度を示すからである。従って、デュアルスイッチングモード技術は、質の高い赤、緑、青、黒および白を含む全ての色が同一デバイスで得られる、第1のフルカラー E P D を提供する。

【 0 0 4 2 】

さらに、背景の色は、一般に使われる黒色の代わりに、いずれの色 (例えば、シアン、イエローまたはマゼンタ) であってもよい。例えば、図3のセルには、内部に分散する正電荷を帯びた白色粒子を含む赤の透明な (clear) 誘電性溶媒が充填されていてよく、背景の色はイエローであってよい。この場合には、粒子が上部に移動すると、白色 (即ち、粒子の色) が観察者によって見られ、粒子がセルの底部を覆うように移動すると、透明導体を通して媒体の色 (即ち、赤) が見られる。しかしながら、白色粒子がセルの側面に移動すると、上部の透明導体フィルムを通して見られる色は、オレンジの色合いであり得る。

【0043】

異なる粒子 / 媒体 / 背景の色の組み合わせ（例えば、白 / 赤 / シアン、白 / 赤 / マゼンタ、白 / 青 / イエロー、白 / 青 / シアン、白 / 青 / マゼンタ、白 / 緑 / イエロー、白 / 緑 / シアン、白 / 青 / マゼンタ等）を用いることにより、他の色合いまたは色調を得ることができる。

【0044】

フルカラーディスプレイを得るために好ましい組み合わせは、白色粒子、黒色背景、および加法混色の原色（即ち、赤、緑または青）で別々に着色された流体である。

【0045】

本発明の別の態様は、ハイライトオプションを有するモノクロディスプレイである。そのような場合には、ディスプレイの全てのセルが同一の背景色を有し、同一の電気泳動流体（即ち、同一の粒子 / 溶媒の色の組み合わせを有している）が充填されている。例えば、ディスプレイは白色粒子を有してよく、溶媒は原色（赤、緑または青）のうちの1つであり、背景の色は溶媒の色と対照をなす色である。このアレンジメントは、色付きのハイライトオプションを有する比較的簡素な二色デバイスに有用である。例えば、白色粒子、イエローの誘電性溶媒および黒の背景を有するEPDは、図4D（上面図）に示すように、各々のセルまたはピクセルにおいて少なくとも3つの異なる色をディスプレイすることができる。白色粒子を上部表示電極に全て引き付けると、白色が見られる。白色粒子を底部電極に一様に引き付けると、上部表示電極を通してイエロー色が見られる。白色粒子をセルのいずれかの側面のインプレーン電極に引き付けると、上部表示電極を通して黒色が見られる。粒子が中間の状態に移動すると、中間色も可能である。粒子、溶媒および背景について予め選択された色を有する低コストのモノクロEPDを駆動するために本発明のデュアルスイッチング機能を用いることによって、ディスプレイのいずれのピクセルにおいてもハイライト性能を有するというこの非常に望ましい特性を実現することができる。

【0046】

要約すると、デュアルスイッチングモードを有する本発明のEPDは、これまで達成できなかった質の高いフルカラーEPDを提供し、およびモノクロEPDに対して、モノクロディスプレイのいずれのピクセルにおいてもハイライトカラー性能を提供することができる。

【0047】

III. 本発明の電気泳動セルの製造

米国出願第09/518488号（2000年3月3日出願）および米国出願第09/784972号（2001年2月15日出願）に開示されているように、通常は、マイクロカップをマイクロエンボス加工またはフォトリソグラフィによって製造することができる。

【0048】

カップ状のセルのみを図に示しているが、常套の電気泳動セルならびにマイクロチャネル、マイクロカラムおよび同等のものから製造される電気泳動セルもまた、本発明の範囲内であることが理解されよう。

【0049】

III(a) マイクロエンボス加工によるマイクロカップアレイの製造雄型の製造

雄型は、例えば、ダイヤモンドターンプロセス（diamond turn process）またはレジストの現像後にエッティングもしくは電気メッキのいずれかを行うフォトレジストプロセス等のいずれの適当な方法によっても製造することができる。雄型用のマスター・テンプレートは、電気メッキ等のいずれの適当な方法によっても製造することができる。電気メッキにより、ガラス基板にクロムインコネル等のシードメタルの薄層（典型的には3000）をスパッタする。次いで、フォトレジスト層をコートして、UVに曝露する。UVとフォトレジスト層との間にマスクを置く。フォトレジストの露光領域は硬化状態となる。次いで、非露光領域を、適当な溶媒を用いて洗浄することにより除去する。残りの硬化フォト

レジストを乾燥させ、シードメタルの薄層を再びスパッタする。これにより、電鋳用のマスターの準備が完了する。電鋳用の典型的な材料は、ニッケルコバルトである。別法では、マスターを、「コンティニュアス・マニュファクチャリング・オブ・シン・カバー・シート・オプティカル・メディア (Continuous manufacturing of thin cover sheet optical media)」(SPIE Proc.) 第1663巻、第324頁(1992年)に記載されているように無電解ニッケル付着または電鋳によりニッケルから形成してよい。型のフロアは、典型的には約50~400ミクロンの厚さである。マスターは、e(電子)-ビーム・ライティング、ドライ・エッチング、ケミカル・エッチング、レーザー・ライティングまたはレーザー干渉(laser interference)(例えば「リプリケーション・テクニクス・フォーマイクロ・オプティクス(Replication techniques for micro-optics)」(SPIE Proc.) 第3099巻、第76~82頁(1997年)に記載されているようなもの)を含む他のマイクロエンジニアリング技術を用いて製造することもできる。別法では、型は、プラスチック、セラミックまたは金属を用いるフォトマシニングまたはダイヤモンドターニングによって製造することができる。

【0050】

このようにして製造される雄型は典型的には約3~500ミクロン、好ましくは約5~100ミクロン、最も好ましくは約10~50ミクロンの突出部を有し、円形、四角形または他の図形などのいずれの形状であってもよい。雄型は、ベルト、ローラまたはシートの形であってもよい。連続製造には、ベルトまたはローラタイプの型が好ましい。UV硬化性樹脂組成物を適用(または塗布)する前に、型を、離型プロセスを助ける離型剤で処理してよい。離型プロセスを更に改良するために、導体とマイクロカップとの間の接着を向上させるためにプライマーまたは接着促進層を導体フィルムにプリコートしてもよい。

【0051】

マイクロカップを、米国出願第09/784972号((2001年2月15日出願)この内容は、参照することにより本明細書に組み込まれる)に記載されているロール・トウ・ロール連続製法またはバッチ式プロセスで形成できる。

【0052】

マイクロエンボス加工プロセスの第1段階において、ローラ・コーティング、ダイ・コーティング、スロット・コーティング、スリット・コーティング、ドクターブレード・コーティング等のいずれかの適当な手段によって、パターン付き透明導体フィルムにUV硬化性樹脂を典型的にはコートする。導体フィルムは、スパッタリングコーティングによって、例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフテート、ポリアラミド、ポリイミド、ポリシクロオレフィン、ポリスルホンおよびポリカーボネート等のプラスチック基板上に通常は作製される。用いられる放射線硬化性材料は、例えば、多官能性アクリレートもしくはメタクリレート、ビニルエーテル、エポキシドおよびこれらのオリゴマー、ポリマー等の熱可塑性物または熱硬化物の前駆体である。多官能性アクリレートおよびこれらのオリゴマーが最も好ましい。多官能性エポキシドおよび多官能性アクリレートの組み合わせも、望ましい物理機械特性を得るのに非常に有用である。UV硬化性樹脂は、ディスペンスの前に脱気してよく、オプションとして溶媒を含んでいてよい。溶媒は、もし存在しても、直ちに蒸発する。

【0053】

導体フィルム/基板上にコートされた放射線硬化性材料を、加圧下、雄型によってエンボス加工する。雄型が金属製かつ不透明であると、導体フィルム/基板は、樹脂の硬化に用いる化学線に対して典型的には透明(または透過性)である。逆に、雄型が透明であり、導体フィルム/基板が化学線に対して不透明であってよい。

【0054】

放射線への曝露の後に、放射線硬化性材料は硬化状態となる。次いで、雄型を、形成されたマイクロカップから離す(またはリリースする)。

【0055】

III(b) フォトリソグラフィによるマイクロカップアレイの製造

マイクロカップアレイを製造するためのフォトリソグラフィ・プロセスを、図 5 A および 5 B に示す。

【 0 0 5 6 】

図 5 A および 5 B に示すように、マイクロカップアレイは、既知の方法によってパターン付き透明導体フィルム (5 2) にコートされた放射線硬化性材料 (5 1 a) を、マスク (5 6) を通じて UV 光 (または別法では、放射線、電子線等の別の形態) に曝露して、マスク (5 6) を通じて投射された像 (イメージ) に対応する壁 (5 1 b) を形成することによって製造することができる。導体フィルム (5 2) は、プラスチック基板 (5 3) 上にある。

【 0 0 5 7 】

図 5 A のフォトマスク (5 6) において、濃い四角 (dark squares) (5 4) は、用いられる放射線に対して不透明な領域を表し、濃い四角の間のスペース (5 5) は、放射線透過性領域を表す。UV は開口領域 (5 5) を通って放射線硬化性材料 (5 1 a) 上に放射する。

【 0 0 5 8 】

図 5 B に示すように、露光領域 (5 1 b) が硬化し、次いで、非露光領域 (マスク (5 6) の不透明領域 (5 4) で保護されている) を適当な溶媒または現像液によって除去し、マイクロカップ (5 7) を形成する。溶媒または現像液は、放射線硬化性材料を溶解または分散させるために一般に用いられるもの (例えば、メチルエチルケトン、トルエン、アセトン、イソプロパノール等) から選択する。

【 0 0 5 9 】

別法では、導体フィルム / 基板の下にフォトマスクを置くことによって露光することができる。この場合には、導体フィルム / 基板は、露光に用いられる放射線波長に対して透明である必要がある。

【 0 0 6 0 】

III(c) 不透明な仕切壁

一態様において、マイクロカップの仕切壁は好ましくは不透明である (白色不透明または灰色不透明)。図 13 A および 13 B は、透明または不透明な仕切壁をそれぞれ有するマイクロカップの簡単な断面図を示す。図 13 A は、2 つのマイクロカップに分割する透明な仕切壁を通して、1 つのマイクロカップ内の電気泳動組成物を、隣接するマイクロカップの上から見ることを示す。このような場合には、観察者は 1 色より多くの色を知覚することができ、結果としてカラーシフトまたはパララックス (ダブルイメージ) をもたらす。図 13 B に示すように、仕切壁が不透明であると、この現象を避けることができる。不透明な仕切壁は、上述のマクロカップの形成のための放射線硬化性材料に、フィラー材料 (例えば、シリカ、ZnO、TiO₂、BaSO₄、CaCO₃ またはポリマー粒子、好ましくはシリカまたはポリマー粒子) を 1 - 20 重量 % の量、好ましくは 2 - 10 重量 % の量で加えることによって得ることができる。

【 0 0 6 1 】

マイクロカップを形成する放射線硬化性材料中の染料または色素によっても、仕切壁を着色することができる。放射線硬化性組成物に用いられるフィラー、染料または色素は、マイクロカップ形成プロセスの間、組成物の重合または架橋の邪魔をしてはならない。放射線硬化によるマイクロカップの形成において、フィラー、染料または色素の最大濃度は、組成物の吸光度 (または光学密度 : optical density) および組成物の硬化に用いる放射線のタイプに依存する。マイクロカップの形成および離型を容易にするために、得られる放射線硬化性組成物は、マイクロカップの物理機械特性および底部基板への接着を確実にするのに十分な光または放射線をマイクロカップの底部に到達させ得る必要がある。

【 0 0 6 2 】

不透明な仕切壁を製造するために、潜在性の光散乱材料を用いてもよい。該潜在性材料は、マイクロカップ形成工程の間または後で、例えば、エアポケット (もしくは空洞部分) または分散ポリマー層等の光散乱中心を生成することができる。例えば、放射線硬化性

組成物に対してわずかに相溶性であるが、硬化したマイクロカップには非相溶性であるフィラー材料を、放射線硬化性組成物に添加してよい。放射線への曝露の際、フィラー材料は相分離し、硬化したマイクロカップ構造体内に、離散した光散乱ドメインを形成する。同様にして、放射線硬化性マイクロカップ組成物に、熱的または光化学的なトリガーによるガス放出材料 (G.J. Sabongi, "Chemical Triggering, Reactions of Potentially Utility in Industrial Processes", Plenum Press, (1987)に記載されているようなもの) を混合することによって、マイクロカップ形成工程の間または後でエアポケットを形成することができる。ガス放出反応の例として、カルボン酸、二環式のラクトンもしくは複素環化合物からのCO₂；ケトンもしくは二環式の付加化合物からのCO；スルホン、スルホニルオキシ化合物もしくは複素環化合物（特に3員環および5員環の複素環化合物）からのSOおよびSO₂；アゾアルカン、アジド、ジアゾメタン、N-ニトロソ化合物、ジアゾ、トリアゾもしくはテトラアゾ複素環化合物からのN₂；キサンテートからのCO₂S；またはエンドペルオキシドからのO₂が挙げられる。エアポケットを、フェノール、トロポロン、ピリジン、ピラジン、ピロールまたはこれらのハロゲン化誘導体の、超音波トリガーによるガス放出反応によって形成することもできる。

【0063】

一態様において、仕切壁（131）の内面（130）を着色してよく、図13Cに示すように、電気泳動組成物中の誘電性溶媒の色と適合させる。このシナリオにおいて、2つの隣接する電気泳動セルが異なる色を有すると、仕切壁の2つの側面は2つの異なる色を有し得る。例えば、図13CにおいてセルAが赤の電気泳動組成物で充填されているのに對して、隣接するセルBが緑の電気泳動組成物で充填されていると、赤のセルに面している仕切壁の1の側面（130a）は赤色を有し得、緑のセルに面しているもう1つの側面（130b）は緑色を有し得る。同時係属の米国特許出願第09/879408号（2001年6月11日出願、この内容は参照することにより本明細書に組み込まれる）に開示されている方法によってカラーディスプレイを形成する選択的な充填／シーリング工程の前に、例えば、染料または色素溶液／分散物を、選択したマイクロカップに染み込ませることによって、仕切壁の異なる側面を順次着色させてよい。

【0064】

上述の方法により製造されたマイクロカップの開口部は、円形、正方形、長方形、六角形または他のいずれの形であってもよい。開口部の間の仕切領域は、所望の機械特性を維持しながらも高い彩度およびコントラスト比を得るために、小さくするのが好ましい。従って、例えば、円形開口部よりもハニカム形の開口部が好ましい。

【0065】

反射型電気泳動ディスプレイでは、個々それぞれのマイクロカップの寸法は、約10²～約1×10⁶ μm²、好ましくは約10³～約1×10⁵ μm²の範囲内であってよい。マイクロカップの深さは、約5～約200ミクロンの範囲、好ましくは約10～100ミクロンの範囲内である。全面積（全面積は、壁の中心から測定した壁を含む1つのカップの面積として定義する）に対する開口部の比は、約0.05～約0.95、好ましくは約0.4～約0.9の範囲内にある。

【0066】

セルの着色背景層は、底部層（非表示側）への着色層のペインティング、印刷、コーティング、蒸着、スパッタリング、またはラミネーティングによって付加されていてよい。

【0067】

III(d) 懸濁液の調製

セルには、着色された誘電性溶媒中に分散する帯電色素粒子を含んで成る電気泳動組成物が充填されている。電気泳動組成物は、電界で移動しない付加的な着色剤をオプションとして含んでよい。色素分散物は、例えば米国特許第6017584号、第5914806号、第5573711号、第5403518号、第5380362号、第4680103号、第4285801号、第4093534号、第4071430号および第3668106号等の、当該技術分野で周知の方法によって調製してよい。また、アイ・イー・イ

ー・イー・トランス・エレクトロン・デバイシィーズ (IEEE Trans. Electr. Dev.)、24巻、第827頁(1977年)、およびジャーナル・アプライド・フィジックス (J. Appl. Phys.) 第49(9)巻、第4820頁(1978年)を参照のこと。

【0068】

粒子の大きい移動度のためには、誘電性溶媒は、低粘度および約2～約30、好ましくは約2～約15の範囲の誘電率を好ましくは有する。適当な誘電性溶媒の例として、炭化水素、例えばデカヒドロナフタレン(デカルイン(DECALIN))、5-エチリデン-2-ノルボルネン、脂肪油、パラフィン油；芳香族炭化水素、例えばトルエン、キシレン、フェニルキシリルエタン、ドデシルベンゼンおよびアルキルナフタレン；ハロゲン化溶媒、例えばジクロロベンゾトリフルオライド、3,4,5-トリクロロベンゾトリフルオライド、クロロペニタフルオロ-ベンゼン、ジクロロノナン、ペニタクロロベンゼン、ならびにパーフルオロ溶媒、例えばパーフルオロデカルイン、パーフルオロトルエン、パーフルオロキシレン、FC-43、FC-70およびFC-5060(3M社(3M Company、ミネソタ州セントポール)製)；低分子量のハロゲン含有ポリマー、例えばポリ(パーフルオロプロピレンオキサイド)(ティシーアイ・アメリカ(TCI America、オレゴン州ポートランド)製)、ポリ(クロロトリフルオロエチレン)、例えばハロカーボン・オイル(Halo carbon Oils)(ハロカーボン・プロダクト社(Halocarbon Product Corp.、ニュージャージー州リバーエッジ)製)、パーフルオロポリアルキルエーテル、例えばガーデン(Garden)、HT-200およびフルオロールリンク(Fluorolink)(オーシモン(Ausimont)製)またはクライトックス・オイル(Krytox Oils)およびグリースK-フルイッド・シリーズ(Greases K-Fluid Series)(デュポン(DuPont、デラウェア州)製)が挙げられる。1つの好ましい態様では、ポリ(クロロトリフルオロエチレン)を誘電性溶媒として使用する。別の好ましい態様では、ポリ(パーフルオロプロピレンオキサイド)を誘電性溶媒として使用する。

【0069】

誘電性溶媒は対照を為す染料または色素(顔料)により着色できる。非イオン性のアゾおよびアントラキノン染料が特に有用である。有用な染料の例には次のものが含まれるが、それらに限定されるものではない：オイル・レッド(Oil Red)EGN、スーダン・レッド(Sudan Red)、スーダン・ブルー(Sudan Blue)、オイル・ブルー(Oil Blue)、マクロレックス・ブルー(Macrolex Blue)、ソルベント・ブルー(Solvent Blue)35、ピラム・スピリット・ブラック(Pylam Spirit Black)およびファスト・スピリット・ブラック(Fast Spirit Black)(ピラム・プロダクツ社(Pylam Products Co.、アリゾナ州)製)、スーダン・ブラック(Sudan Black)B(アルドリッヂ(Aldrich)製)、サーモプラスチック・ブラック(Thermoplastic Black)X-70(バスフ(BASF)製)、アントラキノン・ブルー(anthraquinone blue)、アントラキノン・イエロー(anthraquinone yellow)114、アントラキノン・レッド(anthraquinone red)111および135、アントラキノン・グリーン(anthraquinone green)28(アルドリッヂ製)。パーフルオロ溶媒を用いるとき、フッ素化染料が特に有用である。対照を為す色素の場合には、媒体の着色料を誘電性媒体に分散させることもでき、帶電していないのが好ましい。対照色の色素粒子を帶電させると、該粒子は、帶電した原色の色素粒子の電荷と反対の電荷を帯びているのが好ましい。対照色および原色の両方の色素粒子が同一の電荷を帯びるとき、これらは、異なる電荷密度または異なる電気泳動移動度を有する必要がある。EPDに用いられる染料または色素は、化学的に安定であり、また、懸濁液中の他の成分と適合性(または相溶性)である必要がある。

【0070】

帶電原色粒子は好ましくは白であり、有機または無機色素(例えばTiO₂、BaSO₄、ZnO等)であってよい。

着色色素粒子を用いるとき、これらを、フタロシアニン・ブルー(phthalocyanine blue)、フタロシアニン・グリーン(phthalocyanine green)、ジアリリド・イエロー(diarylide yellow)、ジアリリド(diarylide)AAOTイエロー(yellow)、およびキナク

リドン (quinacridone) 、アゾ (azo) 、ローダミン (rhodamine) 、ペリレン (perylene) 色素シリーズ (サン・ケミカル (Sun Chemical) 製) 、ハンサ・イエロー (Hansa yellow) G パーティクルズ (particles) (関東化学製) 、およびカーボン・ランプブラック (Carbon Lampblack) (フィッシャー (Fisher) 製) から選択してよい。粒径は、好ましくは 0.01 - 5 ミクロンの範囲、更により好ましくは 0.05 - 2 ミクロンの範囲である。粒子は、許容できる光学特性を有する必要があり、誘電性溶媒によって膨潤または軟化してはならず、また、化学的に安定である必要がある。また、得られる懸濁液が、通常の操作条件において、沈降、クリーミングまたは凝集に対して安定であることも必要である。

【 0 0 7 1 】

移動する色素粒子は元々電荷を示しても、あるいは帯電制御剤を用いて顕在化するよう帯電してもよく、あるいは誘電性溶媒に懸濁したときに電荷を得てもよい。適當な帯電制御剤は当該技術分野において周知である；これらは、本来的にポリマー性のものであっても、非ポリマー性のものであってもよく、また、イオン性または非イオン性であってもよく、以下のイオン性界面活性剤を含む：エアロゾル (Aerosol) OT、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム、金属石鹼、ポリブテンスクシンイミド、無水マレイン酸コポリマー、ビニルピリジンコポリマー、ビニルビロリドンコポリマー (例えばガネックス (Ganex、インターナショナル・スペシャルティ・プロダクツ (International Specialty Products) 製))、(メタ)アクリル酸コポリマー、および N, N - ジメチルアミノエチル (メタ)アクリレートコポリマー。フルオロ界面活性剤はパーフルオロカーボン溶媒における帯電制御剤として特に有用である。これらの例として、FC フルオロ界面活性剤、例えば FC - 170C、FC - 171、FC - 176、FC 430、FC 431 および FC - 740 (3M 社製) およびゾニル (Zonyl) フルオロ界面活性剤、例えばゾニル FSA、FSE、FSN、FSN - 100、FSO、FSO - 100、FSD および UR (デュポン製) が挙げられる。

【 0 0 7 2 】

適當な帯電色素分散物はいずれの周知の方法で製造してもよく、そのような方法には粉碎 (grinding) 、摩碎 (milling) 、摩擦 (attriting) 、マイクロ流動化 (microfluidizing) および超音波を利用する技術が含まれる。例えば、微粉末の形態の色素粒子を懸濁溶媒に加え、得られる混合物を数時間、ボールミルで粉碎または摩滅させて、高度に凝集した乾燥色素粉末を一次粒子に解碎する。好ましさは劣るが、誘電性溶媒に色を付与する染料または色素を、ボールミル処理の間に懸濁液に加えてよい。

【 0 0 7 3 】

色素粒子の沈降またはクリーミングを、比重を誘電性溶媒の比重に適合させるのに適したポリマーで粒子をマイクロカプセル化することによって解消できる。色素粒子のマイクロカプセル化またはコーティングは、化学的または物理的に行うことができる。典型的なマイクロカプセル化方法として、界面重合、イン・シトゥー重合、相分離、コアセルベーション、静電コーティング、噴霧乾燥、流動層コーティングおよび溶媒蒸発が挙げられる。

【 0 0 7 4 】

密度を適合させた色素含有マイクロ粒子を、同時係属特許出願である、米国出願第 60 / 345936 号 (2002 年 1 月 3 日出願) 、米国出願第 60 / 345934 号 (同様に 2002 年 1 月 3 日出願) 、米国出願第 10 / 335210 号 (2002 年 12 月 31 日出願) 、米国出願第 10 / 335051 号 (2002 年 12 月 31 日出願) 、米国出願第 60 / 400021 号 (2002 年 7 月 30 日出願) 、米国出願第 60 / 418078 号 (2002 年 10 月 10 日出願) および米国出願第 60 / 356226 号 (2002 年 2 月 11 日出願) (これらの内容は、参照することによりその全体が本明細書に組み込まれる) に開示されている方法によって製造することができる。密度を適合させた色素含有マイクロ粒子の平均粒径は、0.1 - 10 μm の範囲、好ましくは 0.25 - 3 μm の範囲であり得る。

【0075】

III(e) マイクロカップの充填およびシーリング

充填およびシーリング方法は、同時係属特許出願である、米国出願第09/51848号、米国出願第09/784972号、米国出願第09/879408号、米国出願第09/874391号および米国出願第60/408256号（これらの開示内容は、全て、参照することにより本明細書に組み込まれる）に記載されている。

【0076】

マイクロカップを電気泳動組成物で充填した後に、トップシールする。マイクロカップのトップシーリングの重要な工程を、いくつかの方法によって達成することができる。好みのアプローチは、着色された誘電性溶媒中に分散する帶電色素粒子または色素含有粒子を含んで成る電気泳動流体中に、UV硬化性組成物を分散させることである。適当なUV硬化性材料として、アクリレート、メタクリレート、スチレン、-メチルスチレン、ブタジエン、イソブレン、アリルアクリレート、多価アクリレートもしくはメタクリレート、シアノアクリレート、（ビニルベンゼン、ビニルシラン、ビニルエーテルを含む）多価ビニル、多価エポキシド、多価イソシアネート、多価アリル、および架橋性官能基を含むオリゴマーもしくはポリマーが挙げられる。UV硬化性組成物は、誘電性溶媒に非混和性であり、誘電性溶媒に分散した色素粒子を含んで成る電気泳動組成物の比重よりも低い比重を有する。2つの組成物（UV硬化性組成物および電気泳動組成物）を、例えばインラインミキサーを用いて完全にブレンドし、例えばマイラド・バー（Myrad bar）、グラビア印刷、ドクター・ブレード、スロット・コーティングまたはスリット・コーティング等の精密コーティング機構によってマイクロカップに速やかにコートする。過剰の流体を、ワイパー・ブレードまたは同様のデバイスによって除去する。マイクロカップの仕切壁の上面に残留する電気泳動流体を除去するのに、例えば、ヘプタン、イソプロパノールおよびメタノール等の少量の弱い溶媒または溶媒混合物を用いてよい。電気泳動流体の粘度および被覆率（coverage）をコントロールするのには、揮発性有機溶媒を用いてよい。次いで、このようにして充填されたマイクロカップが乾燥されて、UV硬化性組成物が電気泳動流体の上部に浮かぶ。該組成物が上部に浮かぶ間または後に、表面に浮かぶUV硬化性の層を硬化することにより、マイクロカップをトップシールすることができる。トップシーリング層を硬化してマイクロカップをシールするのに、UV光または他の放射線（例えば可視光、IRまたは電子線等）を用いてよい。別法において、熱または湿気硬化性組成物を用いるとき、トップシーリング層を硬化してマイクロカップをシールするのに熱または湿気を用いることもできる。

【0077】

アクリレートモノマーおよびオリゴマーに対して望ましい密度ならびに溶解度差を示す好みの誘電性溶媒の群は、ハロゲン化炭化水素であり、特に、アウジモン社（Ausimont）（イタリア）製、またはデュポン（Du Pont）社（デラウェア州）製のパーフルオロエーテル等のパーフルオロ溶媒、ならびにこれらの誘導体である。電気泳動流体とシーリング材料との間の界面の接着および濡れを向上させるのに、界面活性剤を用いてよい。界面活性剤の例として、FC界面活性剤（3M社製）、ゾニルフルオロ界面活性剤（デュポン社製）、フルオロアクリレート、フルオロメタクリレート、フッ素置換長鎖アルコール、パーフルオロ置換長鎖カルボン酸、およびこれらの誘導体が挙げられる。

【0078】

別法では、特にシーリング前駆体が少なくとも部分的に誘電性溶媒と相溶性であるとき、混合を防ぐために、電気泳動流体およびトップシーリング組成物を順にマイクロカップ上に適用することができる。従って、放射線、熱、溶媒蒸発、湿気または界面反応によって硬化できるトップシーリング組成物の薄層を、充填されたマイクロカップの表面にオーバーコートすることによって、マイクロカップのトップシーリングを達成することができる。コーティングの粘度および厚さを調節するのに揮発性有機溶媒を用いてよい。揮発性溶媒をオーバーコートに用いるとき、該溶媒が誘電性溶媒と非混和性であってトップシーリング層と電気泳動流体との間の混合度を下げることが好みの。更に混合度を下げる

ために、オーバーコートされるトップシーリング組成物の比重が電気泳動流体の比重よりも大きくないことが大いに望ましい。同時係属の特許出願である米国出願第09/874391号（2001年6月4日出願）において、好ましいトップシーリング組成物として、熱可塑性エラストマーを含んで成る組成物が開示されている。同時係属の特許出願である米国出願第60/408256号においては（その内容は、参照することにより本明細書に組み込まれる）、好ましいトップシーリング組成物として、ポリウレタンを含んで成る組成物が開示されている。フィルムの保全性（または一体性）およびコーティングの質を向上させるのに、例えば、シリカ粒子、バインダーポリマーおよび界面活性剤等の添加剤を用いてもよい。

【0079】

別法において、界面重合およびこれに続くUV硬化がトップシーリング方法に有益であることが見出された。界面重合または架橋によって界面に薄いバリア層を形成することにより、電気泳動層とトップシーリングオーバーコートとの間の混合を著しく抑制する。次いで、好ましくはUV放射によるポスト硬化工程によってトップシーリングを完了する。2工程のオーバーコートプロセスは、用いられる染料がトップシーリング組成物に少なくとも部分的に溶解性であるとき、特に有用である。

【0080】

III(f) マイクロカップのラミネーション

次いで、好ましくは接着層を有する別の電極フィルムを用いて、トップシールされたマイクロカップをラミネートする。適当な接着材料として、感圧性接着剤（アクリル系およびゴムタイプ）、UV硬化性接着剤（例えば、多官能性アクリレート、エポキシド、ビニルエーテルもしくはチオレン等を含む）、ならびに湿気または熱硬化性接着剤（例えば、エポキシ、ポリウレタンおよびシアノアクリレート等）が挙げられる。

【0081】

本発明の一態様において、アクティブ駆動機構も提供するために、底部電極層の1つとして薄膜トランジスタを含む基板を用いてよく、このシナリオでは上部電極は透明である。

【0082】

トップシールされたマイクロカップに、コーティング、印刷、蒸着、スパッタリングまたはこれらの組み合わせによって第2（上部）電極層を配置することもできる。

上部基板層に上部電極層をコートまたはラミネートすることもできる。

【0083】

III(g) 仕切壁の上面へのブラックマトリクス層の適用

表示側が、マイクロカップのトップシーリング側からであるとき、ブラックマトリクスを、図14Aに示すように仕切壁（141）の上面（140）とトップシーリング層（142）との間、図14Bに示すようにトップシーリング層（142）と（もし存在するならば）接着層（143）との間、図14Cに示すように（もし存在するならば）接着層（143）と上部電極層（144）との間、図14Dに示すように上部電極層（144）と上部基板（145）との間、または図14Eに示すように上部基板（145）の上部に適用することができる。表示側が底部からであるとき、ブラックマトリクスを、図14Fに示すようにマイクロカップ（146）と底部電極層（147）との間、図14Gに示すように底部電極層（147）と底部基板（148）との間、または図14Hに示すように底部基板（148）の底面に適用することができる。

【0084】

ブラックマトリクス層は、仕切壁に対して位置合わせ（registration）をして適用され得る。換言すると、ブラックマトリクス層は、仕切壁の上面にあるか、または、別の層の仕切壁の上面に対応する領域にある。マイクロカップの開口部またはマイクロカップの開口部に対応する領域は、ブラックマトリクス層によって覆われていない。ブラックマトリクス層は、例えば、印刷、スタンピング、フォトリソグラフィ、蒸着、またはシャドウマスクを用いるスパッタリング等の方法によって適用され得る。ブラックマトリクスの光学

密度は0.5より高く、好ましくは1より高くあってよい。ブラックマトリクスの材料およびブラックマトリクスの配置に用いられるプロセスによって、ブラックマトリクスの厚さは0.005μm～5μm、好ましくは0.01μm～2μmで変化し得る。

【0085】

図14Aに示す一態様において、マイクロカップの形成後、オフセット・ゴム・ローラまたはスタンプによって、黒色被覆剤またはインクの薄層を仕切壁(141)の上面(140)に転写させてよい。転写された被覆剤またはインクを硬化させた後に、続いてマイクロカップが充填され、トップシール(142)される。この場合には、硬化されたブラックマトリクスは、電気泳動組成物およびトップシーリング組成物の両方に用いられる溶媒に耐性を有する必要がある。

【0086】

図14Bに示す別の態様において、ブラックマトリクス層は、マイクロカップを充填およびトップシールした後に、トップシーリング層に、仕切壁に位置合わせ(registration)をして適用され得る。例えば、感光性黒色被覆剤をトップシーリング層(142)にコートし、フォトマスクを通じて位置合わせをしてイメージ通りに露光してよい。感光性黒色被覆剤は、ポジとして作用する(ポジ型)レジストであってもネガとして作用する(ネガ型)レジストであってもよい。ポジ型レジストを用いるとき、フォトマスクはマイクロカップ領域に対応する開口部を有する必要がある。このシナリオでは、(露光された)マイクロカップ領域の感光性黒色被覆剤は、露光後に現像液によって除去される。ネガ型レジストを用いるとき、フォトマスクは仕切壁の上面に対応する開口部を有する必要がある。このシナリオでは、(露光されていない)マイクロカップ領域の感光性黒色被覆剤は、露光後に現像液によって除去される。黒色被覆剤を適用するのに用いられる溶媒および被覆剤を除去するための現像液は、これらがトップシーリング層を攻撃しないように、注意深く選択する必要がある。

【0087】

別法では、無色の感光性インク受容層をトップシーリング層に適用してよく、続いてフォトマスクを通して露光する。ポジ型の感光性潜在性インク受容層を用いるとき、フォトマスクは仕切壁の上面に対応する開口部を有する必要がある。このシナリオでは、露光後、露光領域がインク受容性または粘着性になり、黒色インクまたはトナーを露光領域(仕切壁の上面)に適用した後、該領域にブラックマトリクスを形成し得る。別法では、ネガ型感光性インク受容層を用いてもよい。この場合には、フォトマスクはマイクロカップに対応する開口部を有する必要があり、露光後、露光領域(マイクロカップ領域)は硬化され、非露光領域(仕切壁の上面)に黒色インクまたはトナーを適用した後に該領域にブラックマトリクスを形成できる。フィルムの保全性および物理機械特性を向上させるために、ブラックマトリクスを熱またはフロッド露光により後硬化(またはポストキュア:post cure)してよい。

【0088】

別の態様では、ブラックマトリクスを、例えば、スクリーン印刷またはオフセット印刷、特に水なしオフセット印刷等の印刷によって適用してよい。

【0089】

更に別の態様では、ブラックマトリクスを、仕切壁の上面に位置合わせをして、(もし存在するならば)接着層、電極層または基板層に、上述のいずれの方法によって適用してもよい。

【0090】

ディスプレイ・アッセンブリを完成させるために、完成したディスプレイデバイスの視覚効果を向上させるディフューザー(diffuser)層をブラックマトリクス層上に直接または間接的に適用してよい。

【0091】

図14Iは、ブラックマトリクス上面を含む、仕切壁を有するマイクロカップの上面図である。示すように、マイクロカップの開口部の上の領域は透明のままである。図14I

に正方形の開口部のマイクロカップを示すが、マイクロカップの上部開口部の形は様々であり得る。必要に応じて、矩形、円形または更に複雑な形状であってよい。

【0092】

カラーディスプレイの上面に加えられたブラックマトリクス層は、ディスプレイのコントラスト比および彩度を著しく向上させる。高度に架橋されたブラックマトリクス層が、例えば上述の感光性インク受容層からディスプレイの上面に形成されている場合、該層はスクラッチおよびフィンガープリントへの更なる耐性を上面に与えることもできる。

【0093】

特に記載しない限り、このセクションに記載したブラックマトリクス層と、上述のセクションIII(c)の不透明または着色された仕切壁との組み合わせも有益であると理解されよう。

【0094】

IV. デュアルモードスイッチングの操作

IV(a) パッシブマトリクス

(1) 電極回路設計

図6Aは、2層のパッシブマトリクス電極回路設計の側面図である。図6Bは、デュアルモードの2層のパッシブマトリクス電極設計の上面図を示す。1つの上部層(61)と底部層(62)との間にセル(60)をはさむ。水平方向のバーは、透明であり、且つセルの上部を走る行(ロウ)電極(63)である。底部層(62)は、セルの左側にある1つのインプレーン電極(64)、1つの底部列(カラム)電極(65)および右側の別のインプレーン電極(66)から成る。インプレーン電極とカラム電極との間にギャップ(67)が存在する。

【0095】

上部行電極、底部列電極およびインプレーン電極の断面は、ディスプレイセルを規定する。

【0096】

(2) 駆動タイミングシーケンス

本発明のデュアルモードスイッチングを説明するために、共通の黒背景および透明な(clear)着色溶媒中に分散する正電荷を帯びた白色粒子を含んで成る電気泳動セルを用いる。

【0097】

選択したセルまたはピクセルの上部行電極(63)により低い電圧を印加し、同時に、底部列電極(65)およびインプレーン電極(64)により高い電圧を印加することにより、純白(true white)状態を生成することができる。このバイアス設定では、粒子は上部行電極に移動し、観察者は上部透明導体層を通して白色を見る。

【0098】

図7Aは、セルのアレイの断面図であり、純白状態を示す。白色粒子が全てのセル内でセルの上部に移動すると、結果として生ずる色(即ち、白)が透明導体フィルム(図示せず)を通して上部から見られる。図7Bは、純白状態を示すセルのアレイの上面図である。

【0099】

真黒(true black)状態を、例えば2工程の駆動プロセスにより得ることができる。第1工程において、行電極(63)の電圧を高く設定し、列電極(65)および2つのインプレーン電極(64)の電圧を低く設定する。結果として、白色粒子はセルの底部に初めに引き寄せられる。第2工程において、インプレーン電極の電圧を低く設定し、列電極の電圧を高く設定し、そして行電極の電圧も高く設定する。これらの設定の下で、白色粒子は、電界によって動かされ、移動してセルの側面を覆い、結果として上部の導体フィルムを通して黒の背景色が見られる。

【0100】

別法では、真黒状態を1工程の駆動プロセスを用いることにより得ることもできる。よ

り詳しくは、選択されたセルの行(63)および列(65)電極を高電圧に、そしてインプレーン電極(64)を低電圧に設定することによって、黒色を見ることができる。行および列電極に印加される電圧は同じでなくてもよい。これにより、上部行電極(63)および底部列電極(65)の両方からの電界は、選択されたセル内の粒子にセルのエッジに向かって迅速に移動することを余儀なくさせ、結果として質の高い真黒状態が実現される。

【0101】

図8Aは、(図7Aに示すものと)同一のセルのアレイの断面図であり、本発明の真黒状態を示す。全てのセルの白色粒子はセルの側面に移動し、結果として背景(即ち、黒)の色が上部透明導体フィルムを通して見られる。図8Bは、真黒状態を示すセルのアレイの上面図である。

【0102】

上部(行)電極(63)の電圧を高く設定し、列電極(65)および2つのインプレーン電極(64)の電圧を低く設定するとき、選択されたセルは着色された(例えば、赤、青または緑)状態を得ることができる。この場合には、セル内の白色粒子は電界によって動かされ、底部の列電極に移動する。セルの底部は白色粒子で覆われ、誘電性溶媒の色(即ち、赤、緑または青)が上部透明導体層を通して見られる。選択されたピクセルのセル内の帶電白色粒子を底部に移動させることにより、本発明においていずれの色の組み合わせも得ることもできる。粒子が底部列電極に部分的に移動するように電圧を調整することによってグレースケールを得ることもできる。

【0103】

図9Aは、(図7Aおよび図8Aに示すものと)同一のセルのアレイの断面図であり、本発明の同一のEPDディスプレイにおいて、白、黒および2色の状態を示す。上部行電極(63)に移動した白色粒子を含むセルは白色を示す;底部列電極(65)に移動した白色粒子を含むセルは誘電性溶媒の色(即ち、赤、緑または青)を示す;そして、セルの側面に移動した白色粒子を含むセルは黒色を示す。図9Bは、複数の色(マルチカラー: multiple colors)を示すセルのアレイの上面図である。

【0104】

セル内の2つのインプレーン電極を用いたデュアルスイッチングモードを上述したが、唯1つのインプレーン電極または多数のインプレーン電極を用いて同じ結果を得ることもできる。

【0105】

IV(b) TFT アクティブマトリクス

(1) 電極回路設計

LCDディスプレイシステムに用いられるTFT(薄膜トランジスタ)アクティブマトリクス(Active Matrix)は、米国特許第5132820号に記載されている。そのようなTFT技術を、本発明のデュアルモードEPDに適用することもできる。好ましい態様では、例えばITO等の透明導体材料でできている上部層電極は、ディスプレイの上面全体を覆うワンピース形状である。上部電極はグラウンド(0V)に接続する。図10Aは、2×2のセルアレイの底部電極層の上面図を示す。図10Bは、TFT接続の詳細を示す。各セル(100)は、1つの底部電極(101)および2つのインプレーン電極(102)を含んで成る。各々の底部電極はTFT(104a)のドレイン(103a)に接続する。各セルのインプレーン電極は別のTFT(104b)のドレイン(103b)に接続する。TFT(104a)および104b)のソース(105a)および105b)は、デバイスの底面を通って垂直に走る信号線(106a)および106b)に接続する。TFT(104a)および104b)のゲート(107a)および107b)は走査線(108)に接続し、該走査線はデバイスの底面を通って水平に走る。走査線および信号線はマトリクス構造を形成するが、互いに絶縁されている。

【0106】

デュアルモードスイッチングにおいて、各セルには、底部電極(101)およびインプ

レーン電極(102)を独立して制御するのに、2つのTFT(104aおよび104b)が必要とされる。セル(100)の行(口ウ)が走査されると、走査線(108)は、該セルの行にあるTFT(104aおよび104b)のゲート(107aおよび107b)に電圧を印加して、TFTをターンオンする。同時に、TFTのソース(105aおよび105b)に接続されている信号線(106aおよび106b)において各電極への信号を印加する。次いで、これらの信号を、底部電極およびインプレーン電極にそれぞれに接続されている、TFTのドレイン(103aおよび103b)にスイッチする。信号は、各セルの所望のバイアス状態を形成する。電圧を維持するための蓄積コンデンサ(109aおよび109b)を追加し、これにより、電極の電圧はスイッチングの後でもセルにバイアスを与え続ける。この駆動スキームは、スイッチング時間を劇的にスピードアップする。さらに、蓄積コンデンサ(109aおよび109b)をチャージした後に、ドライバーは次の行をスイッチし続けることができる。電極の各行のスイッチング時間は、蓄積コンデンサのチャージ時間のみである。これにより、ディスプレイの応答時間が大きく減少する。

【0107】

(2) 駆動タイミングシーケンス

本発明のデュアルモードスイッチングを説明するために、共通の黒背景および透明な着色溶媒中に分散する正電荷を帯びた白色粒子を含んで成る電気泳動セルを用いる。

【0108】

好みの態様において、デバイスの上部電極をグラウンド(0V)に永久に接続する。図10Cに示すように、走査線を電圧Vonに設定し、走査行上の全てのTFTをターンオンする。次いで、信号線の電圧を底部電極およびインプレーン電極にスイッチする。底部電極およびインプレーン電極の両方を負電圧に設定すると、セル内の粒子がセルの底面に移動する。セルの底部が白色粒子で覆われて、誘電性溶媒の色(即ち、赤、緑または青)が上部透明導体層を通して見られる。

【0109】

図10Dに示すように、底部電極およびインプレーン電極の両方を正電圧に設定すると、セル内の粒子はセルの上面に移動する。セル内の白色粒子がセルの上部に移動することにより、導体層を通して上部から白色が見られる。

【0110】

図10Eに示すように、底部電極を0Vに設定し、インプレーン電極を負電圧に設定すると、粒子が小さなインプレーン電極の領域に移動し、結果として黒の背景色が上部透明導体フィルムを通して見られる。

【0111】

セルの行が走査された後、各セルの蓄積コンデンサが信号線電圧に従ってチャージされる。セルの行が走査されないとき、該セルの行は非走査位相にある。非走査位相の間、蓄積コンデンサにより設定された電圧を有する電極は、電界を発生し続け、そして粒子の動きを制御し続ける。

【0112】

この設計の走査時間の限界は、蓄積コンデンサの放電時間によって決定される。良好なバイアス電圧を維持するために、電圧が10%を超えて降下する前に、コンデンサをリフレッシュ(再チャージ)させる必要がある。ディスプレイ応答(オン/オフ)時間はピクセルオン/オフ時間によって決まる。なぜなら、各ピクセルは迅速にチャージおよびリフレッシュされ得るからである。従って、ラインからラインへの走査の遅延を無視することができる。

【0113】

IV(c) パッシブマトリクスとTFTアクティブマトリクスとの組み合わせ

(1) 電極回路設計

この新規の設計では、駆動電極設計にパッシブマトリクス電極およびTFTアクティブマトリクスの両方を利用する。図11Aは駆動回路設計の上面図、図11Bはその側面図

を示す。底部電極層(117)は、底部列電極(111)およびインプレーン電極(112)を含んで成る。各セルのインプレーン電極をTFT(113)のドレインに接続する。TFTのソースを、デバイスの底面を通って垂直に走る信号線(114)に接続する。TFTのゲートを、デバイスの底面を通って水平に走る走査線(115)に接続する。走査線および信号線はマトリクス構造を形成するが、2つのタイプの線は互いに絶縁されている。セル(110)を、1つの上部層(116)と底部層(117)との間に挟む。水平方向のバーは、透明であり且つセル(110)の上部を通って走る上部行電極(118)である。2つのインプレーン電極(112)と列電極(111)とを分離するギャップ(119)が存在する。上部行電極、底部列電極およびインプレーン電極の断面がディスプレイセルを規定する。

【0114】

上部行電極(118)および底部列電極(111)は、粒子の上下方向の動きを制御するパッシブマトリクスを形成する。インプレーン電極(112)および底部列電極(111)は粒子のインプレーンの動きのためのバイアス電圧を与える。インプレーン電極はTFTアクティブマトリクスによって制御される。

【0115】

(2) 駆動タイミングシーケンス

本発明のデュアルモードスイッチングを説明するために、共通の黒背景および透明な着色溶媒中に分散する正電荷を帯びた白色粒子を含んで成る電気泳動セルを用いる。

【0116】

図11Cに示すように、走査信号を電圧V_{on}に設定し、走査行上の全てのTFTをターンオンする。次いで、信号線の電圧をインプレーン電極にスイッチする。底部列電極およびインプレーン電極の両方を低電圧に設定し、上部行電極を高電圧に設定すると、セル内の粒子はセルの底面に移動する。従ってセルの底部が白色粒子によって覆われ、誘電性溶媒の色(即ち、赤、緑または青)が透明導体層を通して見られる。

【0117】

図11Dに示すように、底部電極およびインプレーン電極の両方を高電圧に設定し、上部行電極を低電圧に設定すると、セル内の粒子はセルの上面に移動する。セル内の白色粒子がセルの上部に移動すると、上部から白色が見られ、セルは白色状態になる。

【0118】

図11Eに示すように、上部行電極および底部列電極を高電圧に設定し、インプレーン電極を低電圧に設定すると、粒子は小さなインプレーン電極の領域に移動し、結果として黒の背景色が上部透明導体フィルムを通して見られる。

【0119】

この設計は、インプレーンスイッチングの時間を減らすという利点を有する。インプレーン電極をTFTによって制御するとき、蓄積コンデンサはインプレーン電極の電圧を維持する。非走査位相の間、蓄積コンデンサにより設定された電圧を有する電極は、電界を発生し続け、そして粒子の動きを制御し続ける。これにより、セルのスイッチング時間を効果的に減らす。

【0120】

IV(d) パッシブマトリクスおよびTFTアクティブマトリクスの別の組み合わせ

(1) 電極回路設計

別の新規の設計では、駆動電極設計にパッシブマトリクス電極およびTFTアクティブマトリクスの両方を利用する。図12Aは、駆動回路設計の上面図を示し、図12Bはその側面図を示す。底部電極層(127)は、底部列電極(121)およびインプレーン電極(122)を含んで成る。各セルの底部電極をTFT(123)のドレインに接続する。TFTのソースを、デバイスの底面を通って垂直に走る信号線(124)に接続する。TFTのゲートを、デバイスの底面を通って水平に走る走査線(125)に接続する。走査線および信号線はマトリクス構造を形成するが、互いに絶縁されている。セル(120)を、上部層(126)と底部層(127)との間に挟む。水平方向のバーは、透明であ

り且つセルの上部を通って走る上部行電極（128）である。2つのインプレーン電極（122）と底部電極（121）とを分離するギャップ（129）が存在する。上部行電極、底部電極およびインプレーン電極の断面がディスプレイセルを規定する。

【0121】

上部行電極およびインプレーン電極は、パッシブマトリクスを形成する。インプレーン電極および底部電極は、粒子のインプレーンの動きのためのバイアス電圧を与える。底部電極は TFT アクティブマトリクスによって制御される。

【0122】

(2) 駆動タイミングシーケンス

本発明のデュアルモードスイッチングを説明するために、共通の黒背景および透明な着色溶媒中に分散する正電荷を帯びた白色粒子を含んで成る電気泳動セルを用いる。

【0123】

図12Cに示すように、走査信号を電圧 V_{on} に設定し、走査行上の全ての TFT をターンオンにする。次いで、信号線の電圧を底部電極にスイッチする。底部電極およびインプレーン電極の両方を低電圧に設定し、上部行電極を高電圧に設定すると、セル内の粒子はセルの底面に移動する。セルの底部が白色粒子で覆われ、誘電性溶媒の色（即ち、赤、緑または青）が上部透明導体層を通して見られる。

【0124】

図12Dに示すように、底部電極およびインプレーン電極の両方を高電圧に設定し、上部行電極を低電圧に設定すると、セル内の粒子はセルの上面に移動する。セル内の白色粒子がセルの上部に移動し、結果として上部から白色が見られ、ピクセルは白状態となる。

【0125】

図12Eに示すように、上部行電極および底部列電極を高電圧に設定し、インプレーン電極を低電圧に設定すると、粒子は小さなインプレーン電極の領域に移動し、結果として黒の背景色が上部透明導体フィルムから見られる。

【0126】

この設計は、アップダウンスイッチングの時間を減らすという利点を有する。底部電極を TFT によって制御するとき、蓄積コンデンサは底部電極の電圧を維持する。非走査位相の間、蓄積コンデンサによって設定された電圧を有する電極は、電界を発生し続け、そして粒子の動きを制御し続ける。これにより、セルのスイッチング時間を効果的に減らす。

【0127】

本発明をその特定の態様を参照しつつ説明して来たが、本発明の真の概念および範囲を逸脱することなく種々の変更が成され得、また均等物で置換され得ることが当業者に理解されるべきである。加えて、特定の状況、材料、組成物、プロセス、処理工程（1つまたはそれ以上）に適合するよう、本発明の目的、概念および範囲に対して多くの改変がなされ得る。そのような全ての改変は添付の特許請求の範囲に属することを意図するものである。

【0128】

本発明ならびにこれを製造および使用する方法およびプロセスは、本発明が属する技術分野における当業者がこれを製造および使用することができる程に十分な、明確な、簡潔な、そして正確な表現で本明細書に記載されている。上記は本発明の好ましい態様を記載していること、および、特許請求の範囲に記載されている本発明の範囲から逸脱することなく改変が成され得ることが理解されよう。発明と見なされる対象を特に指示し且つ明瞭に要求するために、特許請求の範囲には本明細書が含まれる。

本願発明は以下の態様を含む。

(態様1)

電気泳動ディスプレイであって、

a) 上部電極を含んで成る上部層、

b) 底部電極および少なくとも1つのインプレーン電極を含んで成る底部層、ならび

に

c) 上部層と底部層との間に挟まれた電気泳動セルのアレイを含んで成り、各々のセルは、

(i) 不透明な仕切壁、

(ii) セル背景、

(iii) セル内に充填された電気泳動組成物であって、着色された誘電性溶媒または溶媒混合物に分散された唯1種類の帶電色素粒子を含んで成る組成物を含んで成る、電気泳動ディスプレイ。

(態様 2)

不透明な仕切壁は白色である、態様1に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 3)

不透明な仕切壁は灰色である、態様1に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 4)

不透明な仕切壁は、UV硬化性材料およびフィラー、染料または色素を含んで成る組成物から形成されている、態様1に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 5)

フィラーは、シリカ、ZnO、TiO₂、BaSO₄、CaCO₃ およびポリマー粒子から成る群から選択される、態様4に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 6)

フィラー材料は、シリカまたはポリマー粒子である、態様4に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 7)

フィラー材料は、組成物の1-20重量%の量である、態様4に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 8)

フィラー材料は、組成物の2-10重量%の量である、態様7に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 9)

不透明な仕切壁は、放射線硬化性材料および潜在性光散乱材料を含んで成る組成物から形成されている、態様1に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 10)

潜在性光散乱材料は、硬化前には放射線硬化性材料に相溶性であるが、硬化後には非相溶性となる材料である、態様9に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 11)

潜在性光散乱材料は、熱的または光化学的なトリガーによってガスを放出する材料である、態様9に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 12)

熱的または光化学的なトリガーによってガスを放出する材料は、CO₂を生成するカルボン酸、二環式のラクトンもしくは複素環化合物；COを生成するケトンもしくは二環式の付加化合物；SOおよびSO₂を生成するスルホン、スルホニルオキシ化合物もしくは複素環化合物；N₂を生成するアゾアルカン、アジド、ジアゾメタン、N-ニトロソ化合物、ジアゾ、トリアゾもしくはテトラアゾ複素環化合物；COSを生成するキサンテートならびにO₂を生成するエンドペルオキシドから成る群から選択される、態様11に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 13)

熱的または光化学的なトリガーによってガスを放出する材料は、フェノール、トロポロン、ピリジン、ピラジン、ピロールまたはこれらのハロゲン化誘導体である、態様11に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 14)

不透明な仕切壁は、着色されている、態様1に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態 様 1 5)

仕切壁の内面は、電気泳動組成物と同じ色を有する、態様 1 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態 様 1 6)

仕切壁の 2 つの側面は、異なる色を有する、態様 1 5 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態 様 1 7)

電気泳動ディスプレイであって

a) 上部電極層およびオプションとしての上部基板を含んで成る上部層、

b) 底部電極層およびオプションとしての底部基板を含んで成る底部層であって、底部電極層が 1 つの底部電極および少なくとも 1 つのインプレーン電極を含んで成る底部層、ならびに

c) 上部層と底部層との間に挟まれた電気泳動セルのアレイを含んで成り、各々のセルは、

(i) 上面を有する仕切壁、

(ii) 仕切壁の上面または別の層の仕切壁の上面に対応する領域にあるブラックマトリクス層、

(iii) セル背景、ならびに

(iv) セル内に充填された電気泳動組成物であって、着色された誘電性溶媒または溶媒混合物に分散された唯 1 種類の帯電色素粒子を含んで成る組成物を含んで成る、電気泳動ディスプレイ。

(態 様 1 8)

ブラックマトリクス層は、仕切壁の上面にある、態様 1 7 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態 様 1 9)

各々の電気泳動セルは、各々のセルに電気泳動組成物を封入するトップシーリング層を含んで成る、態様 1 7 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態 様 2 0)

上部電極層は、接着層が適用されている、態様 1 9 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態 様 2 1)

ブラックマトリクス層は、トップシーリング層と接着層との間に、態様 2 0 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態 様 2 2)

ブラックマトリクス層は、接着層と上部電極層との間に、態様 2 0 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態 様 2 3)

ブラックマトリクス層は、上部電極層と上部基板との間に、態様 1 7 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態 様 2 4)

ブラックマトリクス層は、上部基板の上にある、態様 1 7 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態 様 2 5)

ブラックマトリクス層は、電気泳動セルと底部電極層との間に、態様 1 7 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態 様 2 6)

ブラックマトリクス層は、底部電極層と底部基板との間に、態様 1 7 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態 様 2 7)

ブラックマトリクス層は、底部基板の底面にある、態様 1 7 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態 様 2 8)

ブラックマトリクス層は、仕切壁の上面に位置合わせをして適用されている、態様 17 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 29)

ブラックマトリクス層は、印刷、スタンピングまたはフォトリソグラフィによって適用されている、態様 17 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 30)

ブラックマトリクス層は、蒸着またはシャドウマスクを用いるスパッタリングによって適用されている、態様 17 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 31)

ブラックマトリクス層の光学密度は、0.5 より高い、態様 17 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 32)

ブラックマトリクス層の光学密度は、1 より高い、態様 31 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 33)

ブラックマトリクス層の厚さは、0.005 μm ~ 5 μm の範囲内である、態様 17 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 34)

ブラックマトリクス層の厚さは、0.01 μm ~ 2 μm の範囲内である、態様 33 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 35)

ブラックマトリクス層の直接または間接的に上にあるディフューザー層を更に含んで成る、態様 17 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 36)

ブラックマトリクス層は、高度に架橋されたブラックマトリクス層である、態様 17 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 37)

帯電色素粒子は、色素含有マイクロ粒子である、態様 1 または 17 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 38)

色素含有マイクロ粒子は、誘電性溶媒の比重に適合した比重を有する、態様 37 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 39)

仕切壁は不透明である、態様 17 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 40)

仕切壁は白色不透明である、態様 39 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 41)

仕切壁は灰色不透明である、態様 39 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 42)

仕切壁は着色されている、態様 17 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 43)

仕切壁の内面は、電気泳動組成物と同じ色を有する、態様 17 に記載の電気泳動ディスプレイ。

(態様 44)

仕切壁の2つの側面は異なる色を有する、態様 43 に記載の電気泳動ディスプレイ。

【図面の簡単な説明】

【0129】

【図1】図1は、アップ / ダウンスイッチングモードのみを有する従来のE PDの一般的な欠点を示す。

【図2A】図2Aは、インプレーンスイッチングモードのみを有するE PDにおける純白

または真黒状態の不足を示す。

【図2B】図2Bは、インプレーンスイッチングモードのみを有するEPDにおける純白または真黒状態の不足を示す。

【図2C】図2Cは、インプレーンスイッチングモードのみを有するEPDにおける純白または真黒状態の不足を示す。

【図2D】図2Dは、インプレーンスイッチングモードのみを有するEPDにおける純白または真黒状態の不足を示す。

【図3】図3は、本発明の典型的な電気泳動セルおよびアップ/ダウンおよびインプレーンスイッチング電極の一般的配置を示す。

【図4A】図4Aは、デュアルモードを有する改良されたEPDの種々の可能なシナリオを示す。

【図4B】図4Bは、デュアルモードを有する改良されたEPDの種々の可能なシナリオを示す。

【図4C】図4Cは、デュアルモードを有する改良されたEPDの種々の可能なシナリオを示す。

【図4D】図4Dは、本発明のハイライトオプションを示す(上面図)。

【図5】図5Aおよび5Bは、フォトマスクを介したフォトリソグラフィ画像露光を含むマイクロカップの製造を示す。

【図6A】図6Aは、2層ITO電極システムを示す。

【図6B】図6Bは、2層ITO電極システムを示す。

【図7A】図7Aは、本発明の純白状態を示す(断面図)。

【図7B】図7Bは、本発明の純白状態を示す(上面図)。

【図8A】図8Aは、本発明の真黒状態を示す(断面図)。

【図8B】図8Bは、本発明の真黒状態を示す(上面図)。

【図9A】図9Aは、本発明のマルチカラー状態を示す(断面図)。

【図9B】図9Bは、本発明のマルチカラー状態を示す(上面図)。

【図10A】図10Aは、TFTアクティブ駆動機構を示す。

【図10B】図10Bは、TFTアクティブ駆動機構を示す。

【図10C】図10Cは、TFTアクティブ駆動機構を示す。

【図10D】図10Dは、TFTアクティブ駆動機構を示す。

【図10E】図10Eは、TFTアクティブ駆動機構を示す。

【図11A】図11Aは、アクティブおよびパッシブ駆動機構の組み合わせを示す。

【図11B】図11Bは、アクティブおよびパッシブ駆動機構の組み合わせを示す。

【図11C】図11Cは、アクティブおよびパッシブ駆動機構の組み合わせを示す。

【図11D】図11Dは、アクティブおよびパッシブ駆動機構の組み合わせを示す。

【図11E】図11Eは、アクティブおよびパッシブ駆動機構の組み合わせを示す。

【図12A】図12Aは、アクティブおよびパッシブ駆動機構の別の組み合わせを示す。

【図12B】図12Bは、アクティブおよびパッシブ駆動機構の別の組み合わせを示す。

【図12C】図12Cは、アクティブおよびパッシブ駆動機構の別の組み合わせを示す。

【図12D】図12Dは、アクティブおよびパッシブ駆動機構の別の組み合わせを示す。

【図12E】図12Eは、アクティブおよびパッシブ駆動機構の別の組み合わせを示す。

【図13A】図13Aは、透明な仕切壁を有するマイクロカップを示す。

【図13B】図13Bは、不透明な仕切壁を有するマイクロカップを示す。

【図13C】図13Cは、異なる色を有する仕切壁の2つの側面を示す。

【図14A】図14Aは、ブラックマトリクス層の配置の断面図を示す。

【図14B】図14Bは、ブラックマトリクス層の配置の断面図を示す。

【図14C】図14Cは、ブラックマトリクス層の配置の断面図を示す。

【図14D】図14Dは、ブラックマトリクス層の配置の断面図を示す。

【図14E】図14Eは、ブラックマトリクス層の配置の断面図を示す。

【図14F】図14Fは、ブラックマトリクス層の配置の断面図を示す。

【図14G】図14Gは、ブラックマトリクス層の配置の断面図を示す。

【図14H】図14Hは、ブラックマトリクス層の配置の断面図を示す。

【図14I】図14Iは、ブラックマトリクス層を含む仕切壁を有するマイクロカップの上面図を示す。